

IAP5 Rec'd PCT/PTO 31 JUL 2006

## Dichtungsanordnung

Die Erfindung betrifft eine Dichtungsanordnung, insbesondere für eine Gasturbine bzw. ein Flugtriebwerk, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Gasturbinen bestehen aus mehreren Baugruppen, so zum Beispiel unter anderem aus einem Lüfter (Fan), einer Brennkammer, vorzugsweise mehreren Verdichtern sowie mehreren Turbinen. Bei den vorzugsweise mehreren Turbinen handelt es sich insbesondere um eine Hochdruckturbine sowie eine Niederdruckturbine, bei den mehreren Verdichtern insbesondere um einen Hochendruckverdichter sowie einen Niederdruckverdichter. In einer Turbine sowie einem Verdichter einer Gasturbine sind in axialer Richtung bzw. in Durchströmungsrichtung der Gasturbine hintereinander mehrere Leitschaufelkränze positioniert, wobei jeder Leitschaufelkranz mehrere, über den Umfang verteilt angeordnete Leitschaufeln aufweist. Zwischen jeweils zwei benachbarten Leitschaufelkränzen ist jeweils ein Laufschaufelkranz positioniert, der mehrere Laufschaufeln aufweist. Die Laufschaufeln sind einem Rotor zugeordnet und rotieren zusammen mit dem Rotor gegenüber einem feststehenden Gehäuse sowie den ebenfalls feststehend ausgebildeten Leitschaufeln der Leitschaufelkränze.

Zur Optimierung des Wirkungsgrads einer Gasturbine müssen Leckagen einerseits zwischen den rotierenden Laufschaufeln und dem feststehenden Gehäuse und andererseits zwischen den feststehenden Leitschaufeln und dem Rotor durch effektive Dichtungssysteme vermieden werden. So ist es aus dem Stand der Technik bereits bekannt, zur Abdichtung solcher Spalte dem Stator, also dem feststehenden Gehäuse oder den radial innenliegenden Enden der feststehenden Leitschaufeln, eine mehrere Wabendichtungszellen umfassende Wabendichtung zuzuordnen, wobei die Wabendichtungszellen durch Wände voneinander getrennt sind. Diese Wabendichtungen wirken insbesondere mit dem Rotor oder den rotierenden Laufschaufeln zugeordneten Dichtfins zusammen, wobei ein solcher Dichtfin gegenüber der statorseitigen Wabendichtung rotiert.

Nach dem Stand der Technik verlaufen die Wände, welche die Wabenzellen der Wabendichtung voneinander trennen, exakt in radialer Richtung, sodass zum Beispiel die Dichtfins relativ zu quer zur Drehrichtung der Dichtfins verlaufenden Wände der Wabendichtungszellen senkrecht ausgerichtet sind.

Bei einem Anstreifen des Rotors, insbesondere der Dichtfins, in die statorseitige Wabendichtung trifft der Rotor demnach in axialer Blickrichtung senkrecht auf die quer zur Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wände der Wabendichtungszellen, wodurch der Rotation bzw. Drehung des Rotors eine Widerstandskraft entgegengesetzt wird. Derart verlaufende Wände der Wabendichtungszellen sind nämlich relativ steif ausgebildet, wodurch sich die Wände der Wabendichtungszellen so gut wie nicht verformen. Beim Einlaufen des Rotors, insbesondere der Dichtfins, in die Wabendichtung werden demnach nach dem Stand der Technik die Wände der Wabendichtungszellen zumindest bereichsweise abgetragen. Hierbei wird demnach die Wabendichtung beschädigt sowie der abzudichtende Spalt vergrößert, was insgesamt von Nachteil ist.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine neuartige Dichtungsanordnung, insbesondere für eine Gasturbine bzw. ein Flugtriebwerk, zu schaffen.

Dieses Problem wird durch eine Dichtungsanordnung gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß sind zumindest die quer zur Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wände der Wabendichtungszellen in Drehrichtung des Rotors radial schräg angestellt.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass zumindest die quer zur Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wände der Wabendichtungszellen in Drehrichtung des Rotors radial schräg angestellt sind. Demnach verlaufen die Wände der Dichtungszellen in axialer Blickrichtung nicht mehr senkrecht zum Rotor, insbesondere zu den rotorseitigen Dichtfins, vielmehr verlaufen diese Wände unter einem bestimmten Winkel zum Rotor. Hierdurch wird eine Verformbarkeit der Wände der Wabendichtungszellen bereitgestellt, sodass beim Anstreifen des Rotors, insbesondere der rotorseitigen Dichtfins, in die Wabendichtung ein Abtragen bzw. eine Rissbildung der Wände vermieden wird. Mit der hier vorliegenden Dichtungsanordnung ist demnach eine effektive Abdichtung eines Spalts zwischen einem Rotor und einem Stator möglich.

Vorzugsweise sind die quer zur Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wände der Wabendichtungszellen in Drehrichtung des Rotors derart schräg angestellt, dass dem Rotor zugewandte Kanten dieser Wände gegenüber dem Rotor abgewandten Kanten dieser Wände in Drehrichtung des Rotors versetzt sind. Die dem Rotor zugewandten Kanten dieser Wände und/oder die dem Rotor abgewandten Kanten dieser Wände sind gewölbt oder verlaufen geradlinig.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind zusätzlich zu den quer zur Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wänden der Wabendichtungszellen auch die in Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wände der Wabendichtungszellen schräg angestellt.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

- Fig. 1 eine stark schematisierte Seitenansicht in axialer Blickrichtung auf eine mehrere Wabendichtungszellen umfassende Wabendichtung einer Dichtungsanordnung nach dem Stand der Technik;
- Fig. 2 eine stark schematisierte Draufsicht in radialer Blickrichtung auf die mehrere Wabendichtungszellen umfassende Wabendichtung nach Fig. 1;
- Fig. 3 eine stark schematisierte Seitenansicht in axialer Blickrichtung auf eine mehrere Wabendichtungszellen umfassende Wabendichtung einer Dichtungsanordnung nach einem ersten Ausführungsbeispiel der hier vorliegenden Erfindung;
- Fig. 4 eine stark schematisierte Draufsicht in radialer Blickrichtung auf die mehrere Wabendichtungszellen umfassende Wabendichtung nach Fig. 3;
- Fig. 5 eine stark schematisierte Draufsicht in radialer Blickrichtung auf eine mehrere Wabendichtungszellen umfassende Wabendichtung einer Dichtungsanordnung nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der hier vorliegenden Erfindung; und
- Fig. 6 eine stark schematisierte Draufsicht in radialer Blickrichtung auf eine mehrere Wabendichtungszellen umfassende Wabendichtung einer Dichtungsanordnung nach einem dritten Ausführungsbeispiel der hier vorliegenden Erfindung.

Bevor nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 3 bis 6 Ausführungsbeispiele der hier vorliegenden Erfindung in größerem Detail erläutert werden, soll nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 eine aus dem Stand der Technik bekannte Dichtungsanordnung beschrieben werden.

So zeigen Fig. 1 und 2 stark schematisiert eine Wabendichtung 10 einer Dichtungsanordnung nach dem Stand der Technik zwischen einem nicht-dargestellten Rotor und einem ebenfalls nicht-dargestellten Stator einer Gasturbine. Fig. 1 zeigt eine schematisierte Seitenansicht der Wabendichtung 10 in axialer Blickrichtung, Fig. 2 zeigt eine schematisierte Drauf-

sicht derselben in radialer Blickrichtung. Mit der X-Koordinate der dargestellten Koordinatensysteme ist die radiale Richtung, mit der Y-Koordinate ist die Umfangsrichtung und mit der Z-Koordinate ist die axiale Richtung visualisiert. In axialer Blickrichtung gemäß Fig. 1 sieht man demnach auf die X-Y-Ebene, in radialer Blickrichtung gemäß Fig. 2 sieht man die Y-Z-Ebene.

Die Wabendichtung 10 wird von mehreren Wabendichtungszellen 11 gebildet, wobei die Wabendichtungszellen 11 in Fig. 1 und 2 eine rechteckige Querschnittsfläche aufweisen. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Wabendichtungen selbstverständlich auch ein sechseckiges Querschnittsprofil aufweisen können.

Die Wabendichtungszellen 11 der Wabendichtung 10 werden von mehreren Wänden begrenzt. Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung soll zwischen solchen Wänden unterschieden werden, die quer oder längs zur Drehrichtung eines Rotors verlaufen. Die Drehrichtung eines nicht-dargestellten Rotors ist in Fig. 1 und 2 mit einem Pfeil 12 verdeutlicht. Quer zur Drehrichtung 12 verlaufende Wände der Wabendichtungszellen 11 sind mit der Bezugsziffer 13 gekennzeichnet, längs bzw. parallel zur Drehrichtung 12 verlaufende Wände der Wabendichtungszellen 11 sind mit der Bezugsziffer 14 gekennzeichnet.

Wie Fig. 1 entnommen werden kann, verlaufen nach dem Stand der Technik die quer zur Drehrichtung 12 des Rotors verlaufenden Wände 13 der Wabendichtungszellen 11 exakt in radialer Richtung, sodass dieselben in axialer Blickrichtung der Fig. 1 senkrecht zur Drehrichtung 12 des Rotors ausgerichtet sind. Nach dem Stand der Technik bilden demnach die quer zur Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wände 13 einen Widerstand für den Rotor 12, da derart ausgebildete Wände 13 relativ steif sind und sich, wenn überhaupt, nur geringfügig verformen können. Beim Anstreifen des Rotors in die quer zur Drehrichtung desselben verlaufenden Wände 13 werden diese demnach abgetragen und damit beschädigt.

Fig. 3 und 4 zeigen eine Wabendichtung 15 einer erfindungsgemäßen Dichtungsanordnung nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung in unterschiedlichen Darstellungen bzw. Blickrichtungen, wobei die Blickrichtungen der Fig. 3 und 4 den Blickrichtungen der Fig. 1 und 2 entsprechen. Auch die Wabendichtung 15 der Fig. 3 und 4 besteht aus mehreren Wabendichtungszellen 16, wobei die Wabendichtungszellen 16 im Querschnitt eine rechteckige Kontur aufweisen. Die Wabendichtungszellen 16 werden wiederum von mehreren Wänden begrenzt, die im Sinne der hier vorliegenden Erfin-

dung relativ zur Drehrichtung (Pfeil 17) eines Rotors optimiert ausgerichtet sind.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 und 4 sind die quer zur Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wände 18 der Wabendichtungszellen 17 in Drehrichtung des Rotors radial schräg angestellt. Dies kann am besten Fig. 3 (entspricht der axialen Blickrichtung) entnommen werden, aus welcher die radiale Schrägstellung der Wände 18 ersichtlich ist. Die längs bzw. parallel zur Drehrichtung 17 des Rotors verlaufenden Wände 19 hingegen verlaufen wie beim Stand der Technik radial ohne derartige Schrägstellung.

Die quer zur Drehrichtung 17 des Rotors verlaufenden Wände 18 der Wabendichtungszellen 16 sind dabei derart schräg angestellt, dass eine dem Rotor zugewandte Kante 20 gegenüber einer dem Rotor abgewandten Kante 21 in Drehrichtung des Rotors versetzt ist, was bedeutet, dass die dem Rotor zugewandte Kante 20 in Drehrichtung 17 nach vorne bzw. stromabwärts der vom Rotor abgewandten Kante 21 positioniert ist. In der Draufsicht auf die Wabendichtung 10 gemäß Fig. 4 (entspricht der radialen Blickrichtung) sind die derart versetzten Kanten 20 und 21 der quer zur Drehrichtung 17 des Rotors verlaufenden Wände 18 als parallel zueinander verlaufende Linien dargestellt. Die Kanten 20, 21 der Wände 18 verlaufen demnach geradlinig.

Fig. 5 und 6 zeigen zwei weitere Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Wabendichtungen bzw. Dichtungsanordnungen. Da die Ausführungsbeispiele der Fig. 5 und 6 im Wesentlichen dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 und 4 entsprechen, werden zur Vermeidung unnötiger Wiederholungen für gleiche Baugruppen gleiche Bezugsziffern verwendet.

Das Ausführungsbeispiel der Fig. 5 unterscheidet sich vom Ausführungsbeispiel der Fig. 3 und 4 dadurch, dass bei der Wabendichtung 22 der Fig. 5 die dem Rotor zugewandten Kanten 20 der quer zur Drehrichtung 17 des Rotors verlaufenden Wände 18 nicht geradlinig verlaufen, sondern vielmehr gekrümmt bzw. gewölbt sind. Die Wölbung verläuft dabei in Drehrichtung 17 des Rotors. Die vom Rotor abgewandten Kanten 21 der quer zur Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wände 18 verlaufen hingegen geradlinig. Es sei darauf hingewiesen, dass im Unterschied zur in Fig. 5 gezeigten Lösung selbstverständlich auch die vom Rotor abgewandten Kanten 21 ebenso wie die dem Rotor zugewandten Kanten 20 der Wände 18 gewölbt bzw. gekrümmt ausgeführt sein können.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Wabendichtung 23, wobei bei der Wabendichtung 23 gemäß Fig. 6 zusätzlich zu den quer zur Drehrichtung 17 des Rotors verlaufenden Wänden 18 auch die in Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wände 19 der Wabendichtungszellen 16 schräg angestellt sind. So sind im Ausführungsbeispiel der Fig. 6 auch im Bereich der längs bzw. parallel zur Drehrichtung 17 verlaufenden Wände 19 die Kanten derselben derart zueinander versetzt, dass eine dem Rotor zugewandte Kante 24 der Wände 19 gegenüber einer dem Rotor abgewandten Kante 25 versetzt ist, wobei im Ausführungsbeispiel der Fig. 6 die dem Rotor zugewandte Kante 24 gewölbt ist und die dem Rotor abgewandte Kante 25 geradlinig verläuft. Hierdurch kann die Flexibilität der Wabendichtungszellen 16 bzw. der Wände 18, 19 der Wabendichtungszellen 16 nochmals optimiert werden.

Allen gezeigten Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, dass zumindest die quer zur Drehrichtung 17 des Rotors verlaufenden Wände 18 der Wabendichtungszellen 16 in Drehrichtung des Rotors radial schräg angestellt sind. Hierzu sind die Kanten 20, 21, welche die quer zur Drehrichtung des Rotors verlaufenden Wände 18 begrenzen, zueinander versetzt. Die Kanten 20, 21 verlaufen entweder geradlinig und/oder gekrümmt. Hierdurch wird eine gute elastische sowie plastische Verformbarkeit der Wände der Wabendichtungszellen ermöglicht, ohne dass beim Anstreifen des Rotors bzw. von rotorseitigen Dichtfins in die Wabendichtung die Wände der Wabendichtungszellen beschädigt oder abgetragen werden. Die Beanspruchung der Wabendichtung kann demnach reduziert werden, wodurch sich die Lebensdauer derselben erhöht. Es tritt keine unerwünschte Vergrößerung des abzudichtenden Spalts ein, weshalb eine höhere Dichtwirkung erzielt werden kann. Die erfindungsgemäße Dichtungsanordnung dient insbesondere der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen radial innenliegenden Enden von Leitschaufeln und einem Rotor. Die Wabendichtungen sind dann den radial innenliegenden Enden der Leitschaufeln bzw. entsprechenden Innendeckbändern der Leitschaufeln zugeordnet, wobei dem Rotor zugeordnete Dichtfins mit der Wabendichtung zusammenwirken. Es ist auch möglich, mit einer derartigen Dichtungsanordnung einen Spalt zwischen den radial außenliegenden Enden der rotierenden Laufschaufeln und einem feststehenden Gehäuse abzudichten. Bevorzugt ist die Verwendung der Dichtungsanordnung im Verdichterbereich bzw. Turbinenbereich einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks.

## Patentansprüche

1. Dichtungsanordnung, insbesondere für eine Gasturbine wie ein Flugtriebwerk, zur Abdichtung eines Spalts zwischen einem Rotor und einem Stator, insbesondere zur Abdichtung eines Spalts zwischen radial innenliegenden Enden von feststehenden Leitschaufeln und einem Rotor und/oder eines Spalts zwischen radial außenliegenden Enden rotierender Laufschaufeln und einem feststehenden Gehäuse, wobei dem Stator eine mehrere Wabendichtungszellen (16) umfassende Wabendichtung (15) zugeordnet ist, und wobei die Wabendichtungszellen (16) durch Wände (18, 19) voneinander getrennt sind, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die quer zur Drehrichtung (17) des Rotors verlaufenden Wände (18) der Wabendichtungszellen (16) in Drehrichtung (17) des Rotors radial schräg angestellt sind.
2. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die quer zur Drehrichtung (17) des Rotors verlaufenden Wände (18) der Wabendichtungszellen (16) in Drehrichtung (17) des Rotors derart schräg angestellt sind, dass dem Rotor zugewandte Kanten (21) dieser Wände (18) gegenüber dem Rotor abgewandte Kanten (21) dieser Wände (18) in Drehrichtung (17) des Rotors versetzt sind.
3. Dichtungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Rotor zugewandten Kanten (20) dieser Wände (18) und die dem Rotor abgewandten Kanten (21) dieser Wände (18) geradlinig verlaufen.
4. Dichtungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Rotor zugewandten Kanten (20) dieser Wände (18) und/oder die dem Rotor abgewandten Kanten (21) dieser Wände (18) gekrümmt bzw. gewölbt sind.
5. Dichtungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

dass die Wölbung dieser Wände (18) in Drehrichtung (17) des Rotors verläuft.

6. Dichtungsanordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den quer zur Drehrichtung (17) des Rotors verlaufenden Wänden (18) der Wabendichtungszellen (16) auch die in Drehrichtung (17) des Rotors verlaufenden Wände (19) der Wabendichtungszellen (16) schräg angestellt sind.
7. Dichtungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rotor zugewandte Kanten (23) dieser Wände (19) gegenüber dem Rotor abgewandte Kanten (24) dieser Wände (19) versetzt sind.
8. Dichtungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Rotor zugewandten Kanten (23) dieser Wände (19) und die dem Rotor abgewandten Kanten (24) dieser Wände (24) geradlinig verlaufen.
9. Dichtungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Rotor zugewandten Kanten (23) dieser Wände (19) und/oder die dem Rotor abgewandten Kanten (24) dieser Wände (19) gekrümmt bzw. gewölbt sind.



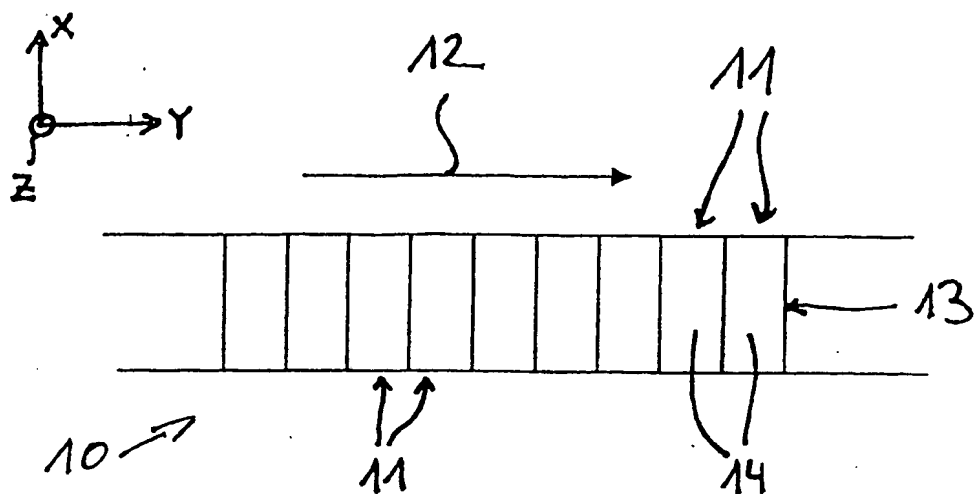


Fig. 1

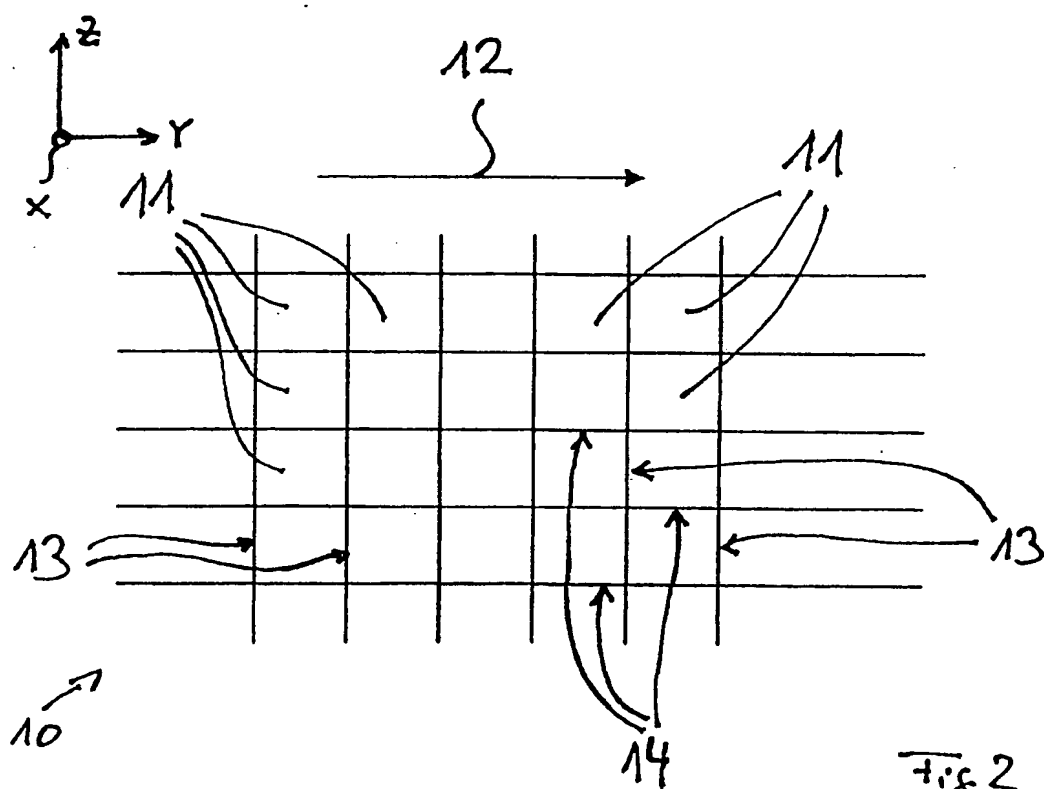
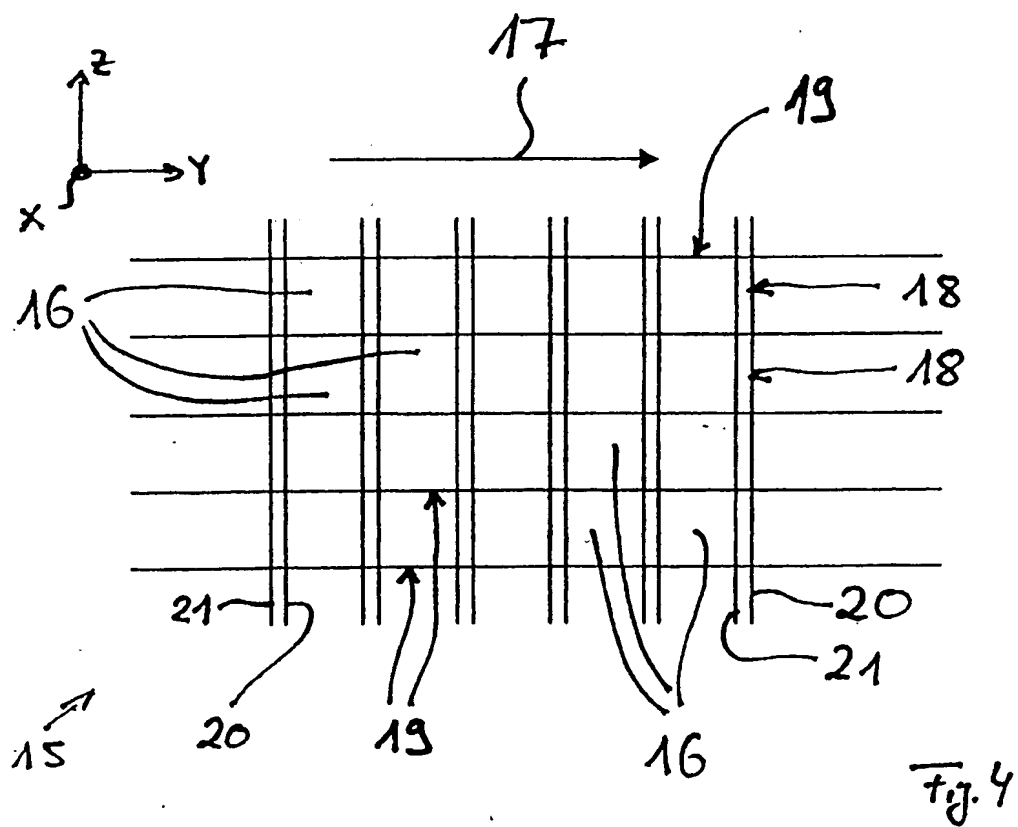
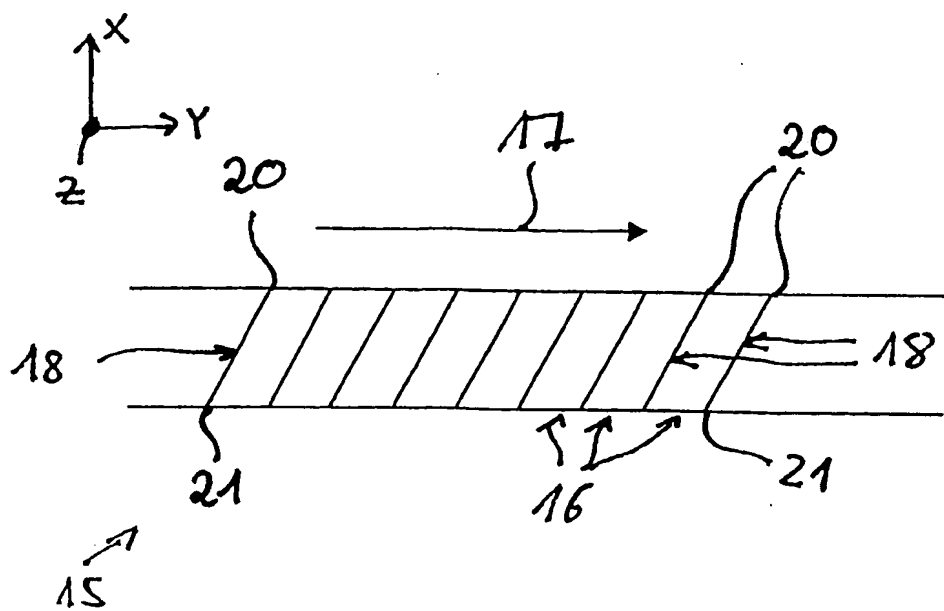
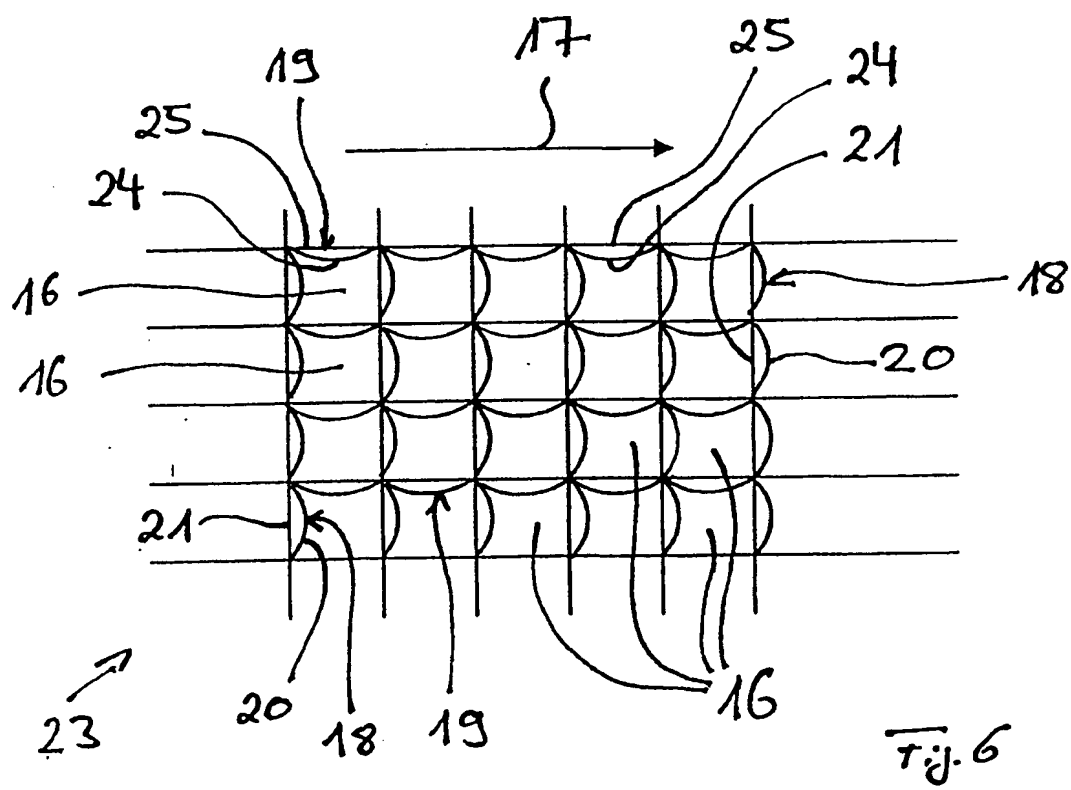
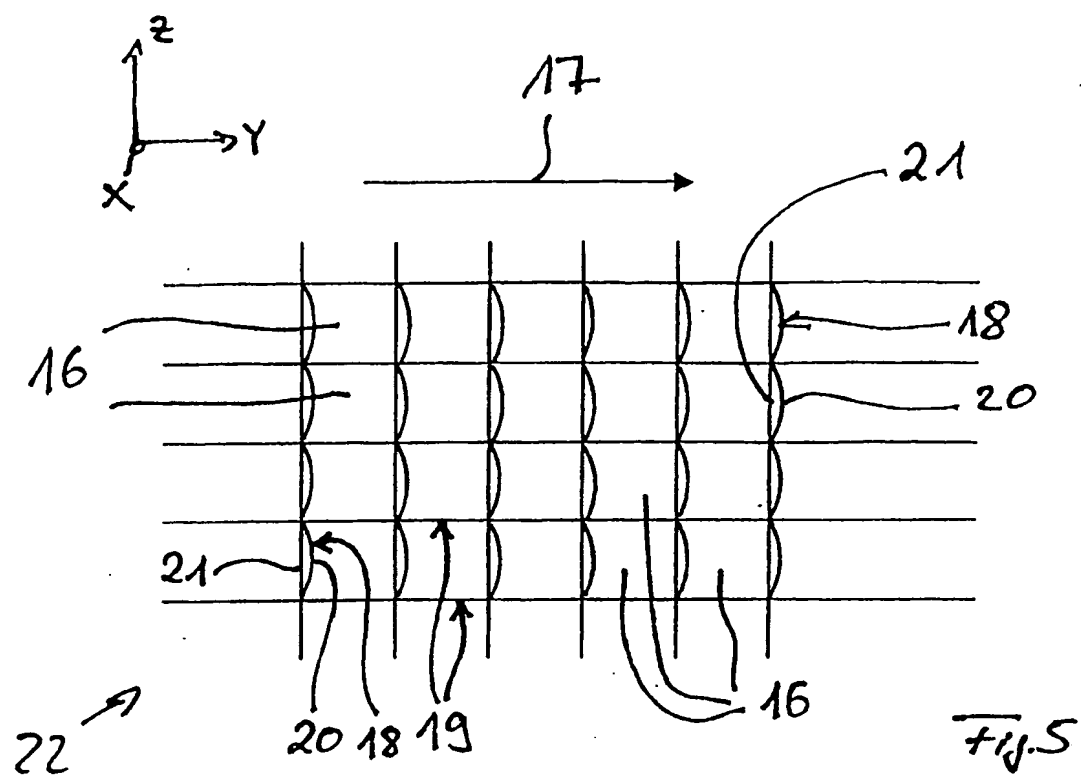


Fig. 2

STAND DER TECHNIK





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2005/000131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F01D11/12 F16J15/44

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F01D F16J B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 793 886 A (SOLAR AIRCRAFT COMPANY) 23 April 1958 (1958-04-23) page 2, line 93 - line 108 page 3, line 23 - page 3, line 32 page 4, line 21 - page 4, line 31; figures 2,4	1,3,6-8
X	EP 0 716 218 A (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 12 June 1996 (1996-06-12) column 1, line 36 - column 1, line 53 column 2, line 54 - column 2, line 3 column 3, line 32 - column 3, line 56; figures 2,3	1,3,6,8
A	US 3 649 033 A (YASUO KONDO) 14 March 1972 (1972-03-14) figure 2	4,5,9



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 April 2005

Date of mailing of the international search report

09/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rau, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2005/000131

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 4 218 066 A (ACKERMANN, WILLIAM) 19 August 1980 (1980-08-19) column 3, line 7 - column 3, line 29; figures 1,3</p>	6-8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2005/000131

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 793886	A	23-04-1958	CH 346408 A DE 1043733 B FR 1145388 A BE 544633 A	15-05-1960 13-11-1958 25-10-1957
EP 0716218	A	12-06-1996	US 5520508 A CN 1133404 A ,C DE 69515814 D1 DE 69515814 T2 EP 0716218 A1 JP 8226336 A	28-05-1996 16-10-1996 27-04-2000 12-10-2000 12-06-1996 03-09-1996
US 3649033	A	14-03-1972	NONE	
US 4218066	A	19-08-1980	NONE	